



SAVONIA

Kunnossapitosuunnitelma

Kuopion Vesi Liikelaitos / Nilsin yksikkö

Pasi Harvima

Opinnäytetyö

11.5.2013 Kuopiossa

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Pasi Harvima	
Työn nimi Kunnossapitosuunnitelma	
Päiväys	11.5.2013
Sivumäärä/Liitteet	46
Ohjaaja(t) lehtori Pertti Kupiainen, Savonia-ammattikorkeakoulu, käyttömestari Veijo Hyvärinen, Kuopion Vesi Liikelaitos	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Vesi Liikelaitos	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena oli tuottaa Kuopion Veden Nilsin-yksikköön kunnossapitosuunnitelma. Kunnossapitosuunnitelmassa käytiin läpi ympäristöön liittyvät asiat sekä tehtiin puhtaanveden tuotantoon tarkoitetuille koneille ja laitteille kunnossapitosuunnitelma.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin keräämällä ohjaajien avulla tietoa kohteista. Tietojen keräämisen jälkeen aloitettiin laatia kunnossapitosuunnitelmaa. Kunnossapitosuunnitelma laadittiin kohteissa tuotantoon liittyville tuotantolaitteille. Vedentuotantoon liittyvien laitteiden kunnossapitoon liittyi ennakoivaa, ehkäisevää, korjaavaa, jaksotettua, parantavaa, suunniteltua ja kuntoonperustuvaa kunnossapitoa. Kunnossapitomenetelmien avulla pyritään hallitsemaan laitteiden käyttöikää ja toimintavarmuutta sekä luomaan säännöllinen huoltojakso. Säännöllisillä huoltotoimilla saadaan kohteiden tuotanto-olosuhteet vakioitua mahdollisimman pitkälle. Suunnitelman avulla laiterikot ja korjauskustannukset vähenevät sekä käyttövarmuus ja tuotantolaitteiden käyttöikä lisääntyy. Opinnäytetyössä käsiteltiin myös kohteiden valvontaa erilaisin menetelmin. Kohteiden valvontaa voitiin suorittaa fyysisesti kohteessa ja etävalvontalaitteiden avulla. Suunnitelmassa käsiteltiin myös kunnossapitoa eri osa-alueilla ja erilaisin menetelmin.</p> <p>Opinnäytetyössä laskettiin paineenkorotuspumpuissa käytettävien laakereiden käyttöikä. Käyttöiän laskenta toteutettiin laskentaohjelmalla sekä käsin laskemalla. Tulokset olivat samansuuntaisia molemmilla menetelmillä. Käsin laskennalla käyttöiäksi saatiin 229 000 h ja laskentaohjelmalla 330 000 h. Laskentaohjelmassa oli ongelmana se, ettei siihen voinut syöttää kaikkia tarvittavia tietoja, koska sinne oli valmiiksi luotu tietokirjasto. Tallennettuja tietoja ei voinut muuttaa, minkä vuoksi laskelman tuntimäärä muuttuu.</p>	
Avainsanat kunnossapito, ennakoiva huolto, kunnonvalvonta	
Salassapito Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology			
Author(s) Pasi Harvima			
Title of Thesis Maintenance Plan			
Date	11 May, 2013	Pages/Appendices	46
Supervisor(s) Mr. Pertti Kupiainen, Lecturer Savonia UAS and Mr. Veijo Hyvärinen Use Manager, Kuopion Vesi Water Works			
Client Organisation/Partners Kuopio Water Water Works			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this project was to create a maintenance plan for the Nilsä unit of Kuopion Vesi Water Works. The maintenance plan comprises the environmental issues and clean water equipment.</p> <p>First, literature was studied and information was searched on the Internet on the website of the manufacturer as well as in the notes of lectures. The maintenance plan includes predictive, preventive, corrective, scheduled, planned and condition-based maintenance, which make the water product equipment more reliable and create a regular maintenance cycle. Service operations helped to standardize the conditions of production equipment as far as possible. The plan reduced breakdowns and repair costs and improved reliability and service life of the production equipment. The project also dealt with the control equipment and different monitoring methods. At the moment the Water Works uses physical control and remote control. The plan dealt with maintenance in different sectors with different methods as well. In the thesis also the service life of booster pump bearings was calculated by both a calculation program and manual calculation.</p> <p>Both methods gave similar results. The service life in manual calculation was 229 771 hours and the calculation program was 334 830 hours. The problem with the program was that input of all the information which is included in the material is not possible. The program was created so that some information was recorded and it could not be changed.</p>			
Keywords maintenance plan, preventive maintenance, condition monitoring			
Confidentiality public			

ALKUSANAT

Opinnäytetyö on tuotettu Kuopion Vedentuotannon Nilsin yksikölle Kuopion Veden toimeksiannosta.

Opinnäytetyön kirjallinen osuus on tehty kotonani Pöljällä ja tiedot on kerätty Kuopion Veden Nilsin yksikössä keväällä 2013.

Haluan kiittää Kuopion Veden vedentuotantolaitosta mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö sekä käyttömestari Veijo Hyväristä työn ammattitaitoisesta ohjauksesta. Lisäksi kiitän Nilsin yksikön päällikköä Ari-Pekka Eskelistä ohjauksesta sekä Savonia - ammattikorkeakoulun lehtoria Pertti Kupiaista todella ammattitaitoisesta ohjauksesta ja ohjeista ja Savonia - ammattikorkeakoulun lehtoria Ari Vuotia ohjauksesta.

Haluan kiittää myös perhettäni kärsivällisyydestä ja tuesta työn loppuun saattamisessa.

Kuopiossa 11.5.2013

Pasi Harvima

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 NILSIÄN YKSIKÖN VEDENTUOTANNON YLEISKUVAUS.....	8
3 NILSIÄN YKSIKÖN KÄYTÄNNÖT JA JÄRJESTELMÄT	9
4 PUHTAAN VEDEN TUOTANTO.....	10
5 KUNNOSSAPIDON PERIAATTEET	15
5.1 Kunnossapidon valvonta.....	16
5.2 Etävalvonta.....	20
5.3 Koneiden kunnossapito	20
5.4 Kunnossapidon tunnusluvut.....	21
5.5 Kunnossapidon laskenta.....	21
5.6 Kunnossapidon lajit	21
5.6.1 Parantava kunnossapito	22
5.6.2 Ennakoiva kunnossapito.....	22
5.6.3 Ehkäisevä kunnossapito	23
5.6.4 Suunniteltu kunnossapito	23
5.6.5 Korjaava kunnossapito	24
5.6.6 Häiriökorjaus	24
5.6.7 Käyttövarmuus, riskit ja toimintavarmuus.....	24
6 YMPÄRISTÖ	27
7 NILSIÄSSÄ SUORITETTAVAT HUOLTOTOIMET JA OHJELMAT	28
8 HUOLTO-OHJELMIEN SOVELTAMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ.....	29
9 KÄYTTÖIÄN MÄÄRITYS	30
10 ARTTURI-TOIMINNAN OHJAUSJÄRJESTELMÄ	34
11 DOKUMENTOINTI	35
12 HUOLTO	36
13 TULOKSIA	37
14 YHTEENVETO	41
15 POHDINTAA	42
LÄHTEET.....	44
LIITTEET	45

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on laatia Kuopion Veden Nilsiä-yksikölle kunnossapidon suunnitelma, jonka avulla yhtiö voi hallita koneiden ja laitteiden huoltotoimenpiteitä. Opinnäytetyöhön ryhdyttiin, koska Nilsiä-yksikölle ei ollut laadittu tuotantoon huoltosuunnitelmaa. Tässä suunnitelmassa laaditaan koneiden ja laitteiden huolto-ohjelma. Huolto-ohjelma suoritetaan säännöllisesti ja ennakoivan huollon menetelmillä ja toimenpiteiden avulla voidaan estää mahdollisia laiterikkoja. Säännölliset huoltojaksot lisäävät puhtaan veden tuotantovarmuutta. Suunnitelmassa määritellään toiminnassa olevien koneiden ja laitteiden huolto-ohjelma sekä lasketaan laakereiden laskennallinen käyttö-ikä. Suunnitelmassa käsitellään ennakoivan huollon toimenpiteitä, joilla lisätään käyttöikää ja toiminta- ja tuotantovarmuutta.

Aihe rajataan Kuopion Veden Nilsiä-yksikön puhtaan vedentuotannon kunnossapitoon. Opinnäytetyössä käsitellään kunnossapitoon liittyviä seikkoja, kuten kunnonvalvontaa, kunnossapidon eri tyyppejä ja kunnossapitoa.

Kuopion yksiköllä on käytössä toiminnanohjausjärjestelmä Artturi, johon voidaan tallentaa kaikki laite- ja konetiedot. Järjestelmästä saadaan ajan tasalla olevaa tietoa koneiden huolloista ja konetyypeistä. Toiminnanohjausjärjestelmän avulla voidaan tuottaa koneille ja laitteille viikkohuolto-ohjelmia, joiden avulla huollot pysyvät säännöllisinä.

2 NILSIÄN YKSIKÖN VEDENTUOTANNON YLEISKUVAUS

Nilsin yksikkö on osa Kuopion Veden liikelaitosta, ja se toimii Nilissä omana vesilaitosyksikkönään. Nilsin alueella on kolme tärkeää vedenhankinta-alueita, joista tuotetaan kuluttajille tarvittava määrä puhdasta vettä. Nilsin vedentuotannoyksikkö tuottaa puhdasta vettä kuluttajille kahden vedenottamon kautta, jotka toimivat Reittiönharjussa ja Kankaassa.

Reittiönharjun vedenottamo sijaitsee Nilsin haja-asutusalueella, jossa sijaitsee myös ylävesisäiliö. Puhdas vesi saadaan pohjavedestä suodattamalla ja veden kovuuden laskemiseksi vesi alkaloidaan ennen verkostoon syöttämistä. Veden kovutta laskeaan alkaloimalla vesi ennen kuluttajille jakelua. Vesi voidaan alkaloida kalkilla ja ilmastuksella. Kalkin avulla hiilidioksidi neutraloituu ja laskee veden kovutta. Ilmastuksella vähennetään vedessä olevan hiilidioksidin määrää ja nostetaan pH-arvoa. Veden kovutta nostamalla veden syövyttävyys laimenee, mikä lisää putkistojen käyttöikää. Nilsin alueella vedentuotantoon ja vedenpuhdistukseen kuuluu 40 paineenkorotusasemaa, joilla verkostopaine nostetaan riittävälle tasolle.

Kankaan vedenottamo sijaitsee Nilsiä keskustan alueella, jossa tuotetaan vesi taajama-alueen kuluttajille jossa sijaitsee myös ylävesisäiliö. Kuluttajia taajama-alueella on n. 2 000. Kankaan vedenottamosta voidaan tuottaa myös lisääntyneeseen veden tarpeeseen vettä etenkin Tahkovuoren alueelle loma-aikoina, jolloin vedenkulutus alueella kasvaa lomailijoiden takia.

Nilsin haja-asutusalueella toimii 17 vesiosuuskuntaa. Vesiosuuskunnat vastaavat puhtaan veden tuotosta kuluttajille haja-asutusalueella.

(www.kuopionvesi.fi)

3 NILSIÄN YKSIKÖN KÄYTÄNNÖT JA JÄRJESTELMÄT

Kuopion Veden Nilsian yksikön käytäntönä on ollut suorittaa korjaukset sitten, kun laite rikkoontuu. Rikkoontumisen vuoksi laite on poissa käytöstä huollon ja korjauksen ajan, mikä lisää muiden laitteiden kuormitusta. Laiterikot voivat lisääntyä ja kustannukset kasvaa, jos huoltovälit eivät ole säännölliset. Laiterikoista aiheutuneita laitehuoltomenoja saadaan laskettua ennakoivilla ja säännöllisillä huolto-menetelmillä, jolloin kertaluontoiset huoltokustannukset pysyvät pienempinä. Säännöllisillä huolloilla parannetaan tuotantovarmuutta.

Pohjavesi suodattuu luonnonmukaisesti hiekkakenttäsuodatuksen avulla. Pohjavesi johdetaan pohjavesikaivosta tuotantoon, jossa vesi alkaloidaan ja nostetaan veden pH-arvoa käyttövesiputkistolle sopivaksi. Raakavesi desinfioidaan ultraviolettivalolaitteen avulla. UV-valo desinfioi vedestä epäpuhtauksia, minkä vuoksi ei kloorausta tarvitse käyttää.

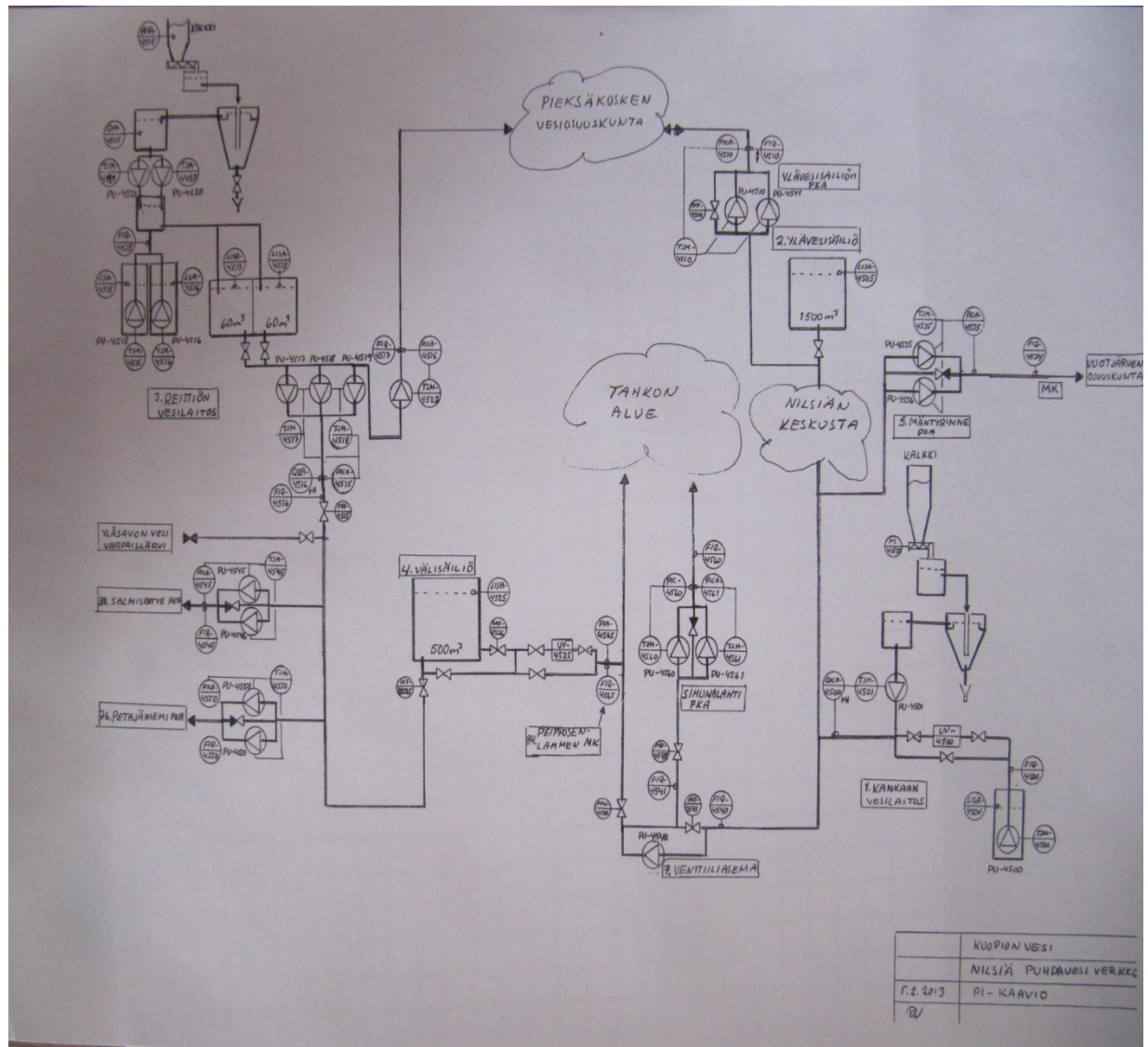
Veden alkalointi tapahtuu puhtaan veden putkistoon syötön yhteydessä. Alkalointi suoritetaan kalkkimaitoseoksella, joka sekoitetaan sekoittajan avulla (kuva 3). Kalkkijauhetta lisätään säiliöön, josta kalkkijauhe syötetään ruuvisyöttölaitteen avulla sekoittajaan. Tämän jälkeen kalkkimaito sekoitetaan raakaveden sekaan, minkä jälkeen valmis tuote johdetaan kuluttajille.

Nilsian yksikön kohteiden laitetiedot on tallennettu tietokoneelle. Kuopion Vedellä käytössä olevaa Artturi-toiminnanohjausjärjestelmän ohjelmaa voidaan käyttää apuna kunnossapidon suunnittelussa ja laitetietojen tallennuksessa.

4 PUHTAAN VEDEN TUOTANTO

Puhtaan veden tuotanto sijoittuu kahteen eri puhtaanvedenottoalueeseen sekä paineenkorotuspumppaamoihin. Prosessissa ottoalueina ovat Reittiönharjun ja Kankaan ottoalueet, joissa puhdas vesi suodatetaan hiekkakentän läpi raakavesikaivoon. Kaivosta puhdas vesi pumpataan edelleen alkaloinnin kautta kuluttajille. Vesi voidaan alkaloida lipeän (natriumhydroksidi NaOH), soodan (natriumkarbonaatti Na_2CO_3) tai kalkin (kalsiumhydroksidi $\text{Ca}(\text{OH})_2$) avulla. Nilsiän-yksikössä veden alkalointi tapahtuu kalkin avulla. Kalkin avulla veden kovuutta lasketaan ja pH-arvoa nostetaan veden syövyttävyyden vähentämiseksi. Kalkituksen avulla käyttövesiputkien käyttöikä lisääntyy. Vesi ohjataan UV-desinfiointilaitteen läpi ennen kulutusta. UV-laite tuottaa ultraviolettivaloa, jonka avulla puhdistetaan vedestä bakteereja, viruksia ja muita epäpuhtauksia. Laitteessa on yksi tai useampi ultraviolettivaloa tuottava lamppu. Lamppu on huollettava säännöllisin väliajoin, koska lampun likaantuessa UV-säteilyn määrä vähenee, mikä heikentää puhdistusprosessin suunnitelmallista toimintaa.

Nilsiän pohjaveden laatu on erinomainen, minkä vuoksi siitä ei tarvitse erikseen poistaa mineraaleja, kuten rautaa ja mangaania. Puhtaan veden toimituksen prosessi nähdään prosessikaaviosta (kuvio 1).



Kuvio 1. Puhtaan veden toimituksen prosessikaavio



KUVA 2. Paineenkorotuspumppu

Puhtaan veden tuotantoon kuuluu myös paineenkorotusasemia, joilla lisätään verkostopainetta kuluttajille päin. Paineenkorotusasemilla on käytössä Grundfos-merkkiset paineenkorotuspumput (kuva 2), jotka toimivat ruuvisyöttöperiaatteella, jossa painetta nostetaan asteittain.

Reittionharjussa on myös käytössä kalkkijärjestelmä, jolla veden pH nostetaan halutulle tasolla (kuva 4).



KUVA 3. Kalkkijauhesiilo ja ruuvisyöttölaite (valokuva Pasi Harvima)



KUVA 4. Kalkkimaitosekoitin (valokuva Pasi Harvima)



KUVA 5. Kalkkimaitosekoittimen alaosa (valokuva Pasi Harvima)

5 KUNNOSSAPIDON PERIAATTEET

Kunnossapidolla ylläpidetään kohteiden koneet ja laitteet toimintakuntoisina ja toimintavarmoina siten, että saadaan tuotettua laadukasta tuotetta kuluttajille sekä hallitaan ympäristöön ja turvallisuuteen liittyvät riskit.

Kunnossapidon periaatteisiin kuuluu luoda yritykselle suunnitelmallisen kunnossapidon avulla kohteen koneille ja laitteille toimintavarmuutta ja luotettavuutta. Kunnossapito vaikuttaa yritykseen monella tavalla, niin taloudellisesti kuin myös ympäristön kannalta. Oikein suunnitellulla kunnossapito-ohjelmalla saadaan tuotettua säästöä laitehuoltokustannuksissa, koska työ ja varaosat sekä uudet osat ovat halvempia kuin laiterikoista aiheutuneet tuotantokatkot. Laiterikoissa kustannukset voivat kasvaa huomattavasti, koska kulumisesta aiheutuneita rikkoja edeltää jonkun osan kuluminen, mikä rikkoutuessaan aiheuttaa tuotantokatkoksen ja voi aiheuttaa mahdollisen laajemman laiterikon.

Tehokkaalla ja toimivalla kunnossapidolla saadaan luotua tulosta tuottava häiriötön tuotannon toiminta. Tehokkaalla ja suunnitelmallisella kunnossapidolla saavutetaan myös mahdollisimman alhaiset käyttökustannukset. Kulumisesta johtuvia laiterikkoja voidaan vähentää ja jopa estää. Alhaisilla käyttökustannuksilla on suora vaikutus yhtiön tuotannosta saatuun tuottoon. Häiriöttömällä toimintaympäristöllä saadaan tuotteen tuotantoon mahdollisimman korkea käyttöaste, minimaalisin kustannuksin.

Käytettävyyttä voidaan laskea seuraavasti:

(Suunniteltu toiminta-aika – seisokkiaika)

Suunniteltu toiminta-aika

Nilsin yksikölle laaditaan kunnossapidon suunnitelma, joka käsittää laitteiden ennakkoivan huollon. Ennakoivan huollon avulla välttyttäisiin kulumisesta johtuvista laiterikoilta. Kunnossapidon suunnitteluun jaksotetaan huoltovälit ja niihin liittyvät laitekorjaukset.

Kunnossapitoa voidaan valvoa fyysisesti paikan päällä tapahtuvalla seurannalla ja mittaamalla sekä etämittareiden avulla kuten esim. akustiikan avulla (mittari mittaa värähtelyä ja melua laitteesta ja lähettää tiedot online-yhteyden avulla kunnossapidon

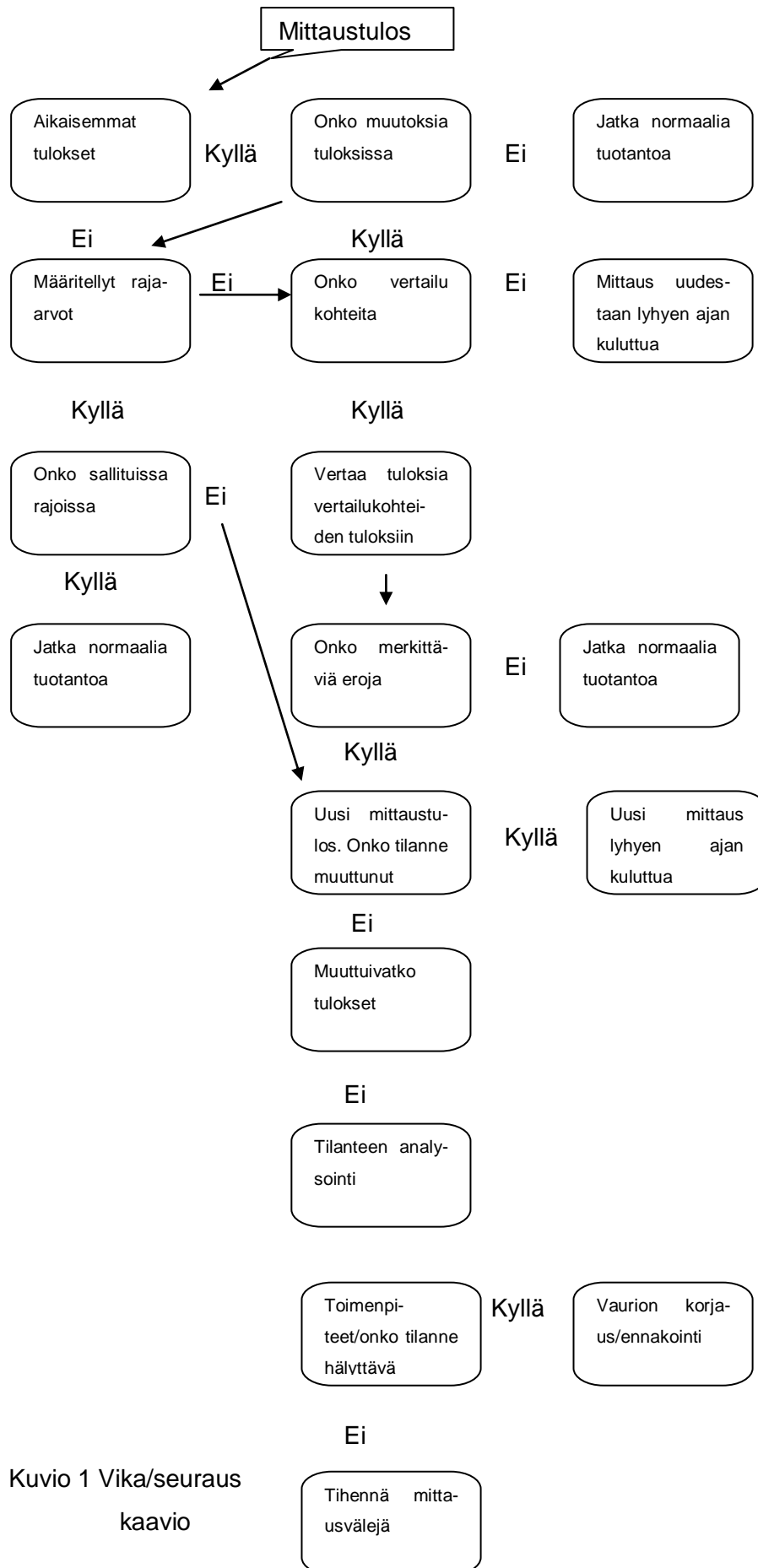
valvojalle). Kunnossapidosta ja sen suunnittelusta on olemassa eri standardeja kuten esimerkiksi PSK 3201 ja SFS-EN 13306.

(Kuntoon perustuva kunnossapito, Henry Mikkonen, 1 painos, 2009, s 95–110)

5.1 Kunnossapidon valvonta

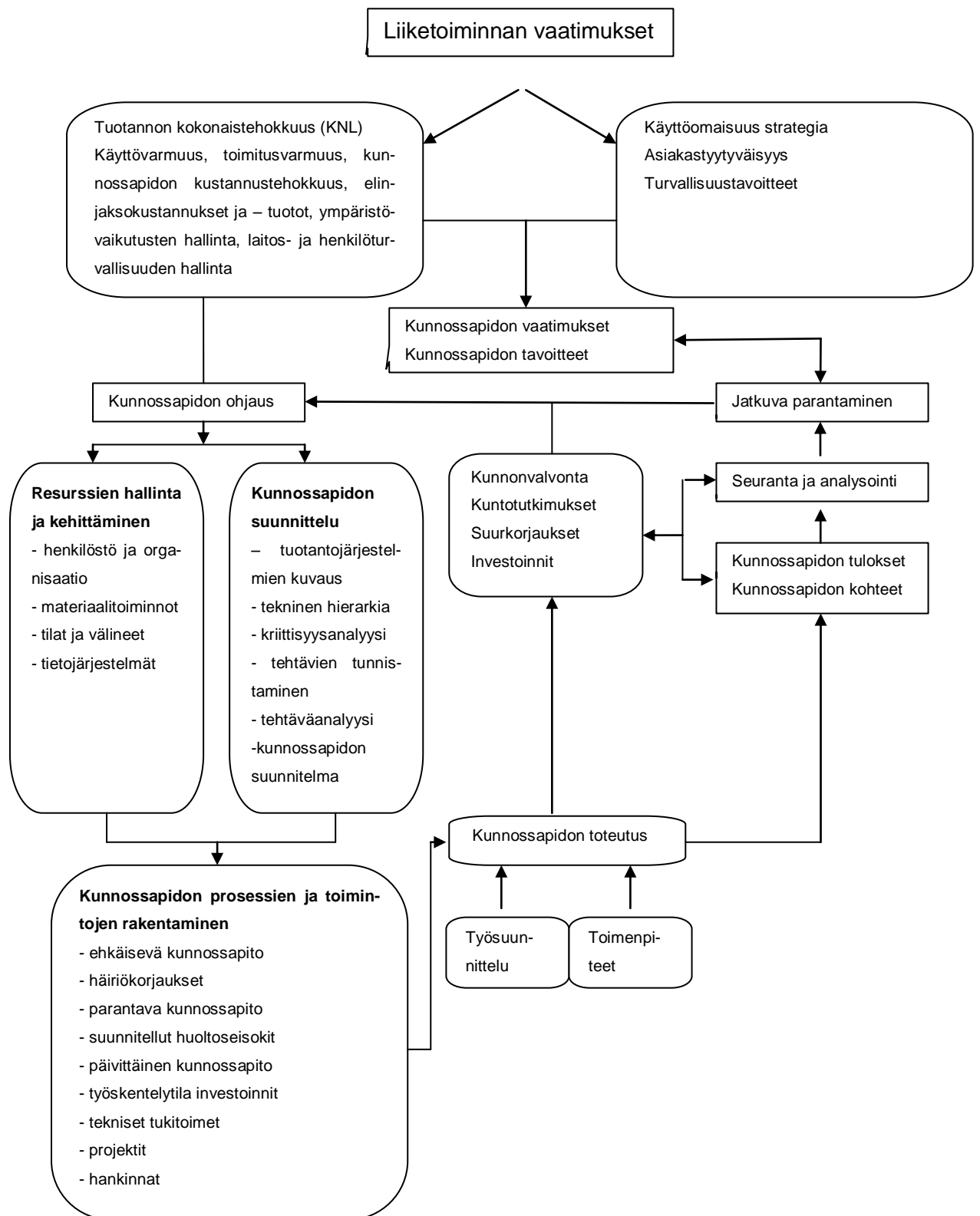
Kunnossapidon valvontaa suoritetaan seuraamalla kohteiden yleistilannetta aistinvaraisella valvonnalla, käymällä paikanpäällä toteamassa kohteen kunto. Aistinvarainen menetelmä on hitaampi kuin etävalvonta ja se lisää myös kustannuksia henkilöstö ja huoltokuluihin. Kuntoa seurataan perinteisillä menetelmillä, kuten kuuntelulla, lämpötilojen mittauksien avulla sekä kokeilemalla kohdetta. Kohdetta kokeilemalla voidaan todeta mm. värinää, mittaamalla värähtelyä värähtelymittarilla, arvioida ja laskea kohteen rasitusta. Rasitusta voidaan mitata vääntömomentin avulla, tarkastamalla voitelujärjestelmän toimivuus kuten nauhabokseissa vesivoitelu sekä liukurengas laakereiden rasvaus. Aistinvaraisilla menetelmillä saadaan luotettavaa tietoa kohteen kunosta ja ne toimivat erinomaisena tukena mittareilla saavutettuihin tuloksiin.

Kunnossapidosta voidaan esim. määritellä vika/seuraus analyysikaavio. Kaavion avulla voidaan ohjailla mahdollisia kunnossapidon jatkotoimenpiteitä kohteessa (Kaavio 1).



Kuvio 1 Vika/seuraus
kaavio

Koneita ja laitteita voidaan myös valvoa online-etävalvonnan avulla. Järjestelmään voidaan liittää mittareita ja kunnonvalvontalaitteita, jotka antavat tietoa esim. värähtelystä, melusta, virtauksista ym. joista tiedot lähetetään kunnonvalvojalle. Tietojen avulla voidaan päätellä laitteiden toimintakykyä sekä huoltojen tarvetta tietyiltä osilta, mutta ne eivät korvaa kuitenkaan perinteisiä menetelmiä. Kohteista saadaan perustietoja mittareilla uuden laitteen käyttöönotto vaiheessa. Silloin saadaan tietoa kunnon perustasosta, johon voidaan verrata kunnonvalvonnalla saatuja tietoja. Tietojen avulla pystytään suunnittelemaan tulevaa huoltoa ja ennustamaan laitteen kestoa ennakolta, jotta mahdollisilta laiterikoilta ja tuotantokatkoksilta vältyttäisiin. Jotta ennakoiva kunnossapito olisi luotettavaa ja toimivaa, edellytyksenä on, että kaikki kunnossapitoon liittyvät osa-alueet on huomioitu. Kunnossapitoon liittyviä osa-alueita voidaan jaotella toimivuuden ja resurssien jakamiseksi oikealla tavalla (Kaavio 2).



Kuvio 2 Kunnossapitokaavio

5.2 Etävalvonta

Kunnonvalvontaa voidaan pitää yllä myös online-etävalvontana eli jatkuvana kunnonvalvontana automatiikan avulla. Tyypillisiä käyttökohteita ovat pumpput ja yksittäiset koneet ja laitteet. Mittareita voidaan räätälöidä jokaiseen käyttökohteeseen sopivaksi. Online-etävalvonta mittaa kohteesta määritellyjä seikkoja ja tiedot siirtyy kunnonvalvojalle tietoverkon avulla. Kunnonvalvoja voi tehdä mittareiden tuloksista päätelmiä laitteiden kunnosta. Näin tulosten avulla voidaan määritellä ja suunnitella huoltojen ja korjausten tarpeet. Etävalvontalaitteita voidaan määritellä mittaamaan mm. kohteen värähtelyä, lämpötilaa, melua ja veden virtausta.

Värähtelyä valvotaan mittaamalla kohteen värähtelyn kokonaistasoa, mikä on yksinkertainen ja tehokas tapa valvoa kohteen toimintakuntoa. Kohteen värähtelymittaus-tiedot muutetaan sähköä mittaavaan muotoon eli ampeereiksi tai volteiksi, joiden avulla tiedot viedään automaatiojärjestelmään, josta kunnossapitovalvonta voi tehdä saaduista tuloksista päätelmiä. Automaatiojärjestelmään lisätään hälytys- ja varoitusrajat. Asetetun rajan ylitys melutasolla, värähtelytasolla, lämpötilatasolla, virtaustasolla aiheuttaa hälytyksen tai varoituksen toimintakyvystä ja sen mahdollisesta toiminnan muutoksesta. Varoitusrajat asetetaan niin, että laitteen toimintakyky voi heikentyä, mutta toimintakyky säilyä. Varoitusjärjestelmän ansiosta kulumisesta johtuvia laiterikko voidaan ennakoida ja estää.

5.3 Koneiden kunnossapito

Koneiden kunnossapidossa otetaan huomioon koneiden ja laitteiden ennakoiva ja ehkäisevä kunnossapito, joiden avulla saadaan lisättyä koneiden ja laitteiden tuotantovarmuutta. Kunnossapitoon laaditaan suunnitelma, jonka avulla saadaan koneille ja laitteille tasainen huoltoväli. Suunnitelma lisää puhtaan veden tuotannon tuotantovarmuutta. Kuopion Veden Nilsiänsä yksikön huoltomiehet seuraavat kohteiden toimintakuntoa perinteisin menetelmin ja mittarein sekä etävalvontalaitteilla.

5.4 Kunnossapidon tunnusluvut

Kunnossapitoa voidaan tarkastella tunnuslukujen avulla, kuten onko kohteelle asetetut tavoitteet saavutettu määritellyssä ajassa ja määritellyin resurssein. Kunnossapidon tunnusluvut voidaan jaotella omiin ryhmiinsä joita ovat taloudellisuus, kustannusrakenne, henkilöstökulut, ympäristövaikutukset sekä kunnossapitolajit.

(Kuntoon perustuva kunnossapito, Henry Mikkonen, 2009, 50)

5.5 Kunnossapidon laskenta

Kunnossapidon taloudellisuuteen kuuluu tuotannon tehokkuus eli hyötysuhde ja toimintavarmuus. Tunnusluvut on laskettava samoilla menetelmillä jatkuvasti, jotta laskenta olisi mahdollisimman luotettava mahdollisimman vähillä muuttujilla. Tunnuslukujen laskentaan on olemassa laskentamalleja ja ohjeita tunnuslukuihin liittyvissä standardeissa.

(Mikkonen 2009, 118.)

5.6 Kunnossapidon lajit

Kunnossapidon eri lajeista saadaan kattavaa tietoa standardeista, kuten PSK 7501 ja PSK 6201-standardeista. PSK 7501-standardissa kunnossapito jaotellaan kahteen luokkaan, suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjaukseen. Standardissa PSK6201 kuvataan eri kunnossapidon lajit, jotka ovat parantava kunnossapito, ennakoiva kunnossapito, ehkäisevä kunnossapito, suunniteltu kunnossapito ja korjaava kunnossapito.

Parantavalla kunnossapidolla parannetaan kohteen tuottavuutta. Ennakoivalla kunnossapidolla parannetaan toimintavarmuutta ja pidennetään tuotantolaitteiden käyttöikää. Ennakoivaan kunnossapitoon liittyy kunnonvalvontaa ja kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Ehkäisevällä kunnossapidolla lisätään myös tuotantolaitteiden toiminta- ja käyttövarmuutta. Suunniteltu kunnossapito käsittää huolto-ohjelmien laadinnan kohteisiin. Korjaavalla kunnossapidolla kohde saatetaan laiterikkoa edeltävälle tai mahdollisesti paremmalle toimintatasolle.

Ennalta arvaamattomat laiterikot vaativat välittömiä laitekorjauksia. Ennalta arvaamattomiin laiterikkoihin voidaan varautua varajärjestelmän avulla. Varajärjestelmällä tuotantoa jatketaan laiterikosta aiheutuneen tuotantokatkoksen ajan. Laiterikkoihin varaudutaan myös varaosavaraston ylläpidolla. Varaosavarastossa on saatavilla varaosia omasta varastosta tai lyhyellä toimitusajalla varaosatoimittajilta. Pidemmillä toimitusajoilla saatavia varaosia voidaan pitää varaosavarastossa. Kalliiden tuotteiden varastointi kasvattaa varaosavaraston arvoa ja sitoo yhtiön varallisuutta. Varaosien varastointi on järkevää silloin, kun varaosien kierto on kohtuullisen tiheää. Kalliiden varaosien varastointi ei välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa, ellei varaosien toimitusaika ole kohtuuttoman pitkä. Kunnonvalvonnan avulla saadaan ennustettua kulumisesta johtuvia huoltotoimia, jolloin investointeihin voidaan varautua tilaamalla tuotteet riittävän aikaisin.

Kunnossapitolajeja on kuvattu myös SFS-EN 13306 -standardissa ja ne on luokiteltu kahteen luokkaan; ehkäisevään kunnossapitoon ja korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevään kunnossapitoon liittyy kuntoon perustuva kunnossapito, jaksotettu kunnossapito sekä aikataulutettu eli suunniteltu kunnossapito. Korjaavaan kunnossapitoon liittyy siirretty kunnossapito ja välitön kunnossapito.

(Mikkonen 2009, 96–101.)

5.6.1 Parantava kunnossapito

Parantavalla kunnossapidolla voidaan parantaa laitteiden toimintaa, toimintakykyä ja tuottavuutta. Parantavalla kunnossapidolla voidaan myös helpottaa kohteen huoltotoimenpiteitä muuttamatta laitteen alkuperäistä toimintatarkoitusta sekä nostaa kohteen tuottavuutta parantamalla kohdetta alkuperäistä parempaan kuntoon.

5.6.2 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivaan huoltoon liittyy kohteen seuranta erilaisin menetelmin. Seurannalla saadaan kerättyä tietoa laitteiden toimintakunnosta ja alkuperäiskuntoon vertaamalla voidaan arvioida kohteen kunto ja suorittaa huoltoja. Kohteisiin laaditaan huolto-ohjelma ja suunnitelma, jonka avulla ehkäistään kulumisesta aiheutuvia laiterikkoja ja puhtaan veden toimituskatkoja. Ennakoivalla huollolla saavutetaan varmatoimisempi tuotantoympäristö.

5.6.3 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla palautetaan heikentynyt toimintakyky normaalille tasolle. Ehkäisevään kunnossapitoon liittyy jaksotettua kunnossapitoa, koska huolto-ohjelmia suunniteltaessa on otettava huomioon kohteiden käyttöajat. Ehkäisevällä kunnossapidolla saavutetaan tuotantovarmuutta laitteille.

5.6.3.1 *Jaksotettu kunnossapito*

Jaksotettu kunnossapito liittyy ehkäisevään kunnossapitoon. Jaksotettu kunnossapito perustuu tietyille ajanjaksoille, kuten kalenteriaikaan tai suoraan käyttötuntien määrään. Jaksotetun kunnossapidon huoltotoimenpiteissä suoritetaan kohteessa tarkastuksia, öljynvaihtoa, rasvausta, puhdistusta, suodattimien vaihtoa, välysten säätöä sekä muita huollollisia toimenpiteitä.

5.6.3.2 *Kuntoon perustuva kunnossapito*

Kuntoon perustuva kunnossapito voidaan liittää myös ehkäisevään kunnossapitoon. Kuntoon perustuvan kunnossapidon avulla koneen toimintakykyä seurataan mittareilla ja muilla menetelmillä. Menetelmien avulla mahdollisia vikaantumisia saadaan ennakoitua ajoissa.

5.6.4 Suunniteltu kunnossapito

Suunnitellulla kunnossapidolla tarkoitetaan koneiden ja laitteiden suunnitelmallista huoltoa, jotka toteutetaan laatimalla huolto-ohjelmia tiettyjen aikataulujen mukaan. Huolto-ohjelmien avulla laitehuollot ovat säännöllisiä. Säännöllisillä huoltotoimenpiteillä voidaan kulumisesta johtuvia laiterikkoja ennakoida ja korjata.

5.6.5 Korjaava kunnossapito

Korjaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan yllättävien laiterikkojen korjauksia, joiden avulla laitteen toimintakyky palautetaan alkuperäiselle tai alkuperäistä paremmalle tasolle. Hyvän ja säännöllisen huollon avulla ei välttämättä voida ennakoida tai vähentää yllättäviä laiterikkoja.

5.6.6 Häiriökorjaus

Häiriökorjauksella palautetaan laitteen toimintakyky laiterikkoa edeltävälle tai paremmalle tasolle. Välittömät laitekorjaukset suoritetaan välittömästi, kun laiterikko on havaittu. Korjauksilla palautetaan laitteen toimintakyky alkuperäiselle tai paremmalle tasolle. Välittömällä korjauksella voidaan siirtää kohteen korjaustoimenpidettä rajoittamalla kohteen toiminta hyväksyttävälle tasolle. Siirretyllä korjauksella voidaan laitteen toimintakyky tehdä tuotannon sallimalle tasolle. Korjaustoimenpide suoritetaan loppuun tuotantoseisokissa.

(Kuntoon perustuva kunnossapito 2009, Henry Mikkonen, 96)

5.6.7 Käyttövarmuus, riskit ja toimintavarmuus

Käyttövarmuus koostuu luotettavuudesta, huollettavuudesta ja huoltovarmuudesta. Käyttövarmuustekniikan hallitsemisen avulla saadaan mahdolliset riskit tunnistettua ja hallittua. Käyttövarmuuteen liittyy laitteen tai kohteen suorituskky. Suorituskky jaotellaan kahteen osioon; tekniseen suorituskkyyn ja käyttövarmuuteen.

Tekninen suorituskky ilmoitetaan laitetiedoissa ja laitteen suorituskky otetaan huomioon suunniteltaessa toimintaa. Käyttövarmuuteen liittyy toimintavarmuus, kunnossapidettävyyys ja kunnossapitovarmuus. Tuotannon käyttö- ja toimintavarmuutta lisätään Reittiönharjun vedenottamalla varavoiman avulla, mikäli sähköntuotanto jostain syystä katkeaa. Sähkökatkon aikana varavoimakone käynnistyy automaattisesti tuotamaan prosessiin tarvittavan virran katkoksen ajan (Kuva 5).

Toimintavarmuutta lisätään suunnitelmallisella kunnossapidolla. Kunnossapidettävyyttä lisätään pitämällä toimintaedellytykset alkuperäisenä tai alkuperäistä tasoa

parempana. Toimintavarmuutta lisätään joustavilla ja lyhyillä toimitusajoilla varaosien saatavuudessa sekä varaosien hyvällä laadulla.

Riskit luokitellaan tiedostettuihin ja tiedostamattomiin riskeihin. Käyttövarmuuden suunnittelu ja kunnossapito ovat parhaimmillaan riskienhallintaa. Riskienhallinnalla pyritään pienentämään laiterikkoja, maksimoimalla käyttövarmuutta sekä käyttöturvallisuutta. Riskien hallinta koostuu suunnitelmallisesta kunnossapidosta ja käyttöturvallisuudesta. Oikein toteutetulla suunnittelulla saadaan pienennettyä tuotantokatkokset sekä luotua mahdollisimman turvallinen tuotanto- ja käyttöympäristö. Riskit hallitaan suunnitelmallisella, huolellisella toiminnalla sekä riskejä pitää osata tunnistaa ja siten tiedostetut riskit saadaan hallittua. Riskeistä voi koitua vahinkoja niin ympäristölle, henkilöille, omaisuuteen ja yrityksen liiketoimintaan. Riskejä voidaan hallita suunnitelluissa erilaisten ratkaisujen avulla. Riskit on otettava huomioon käytössä olevissa kohteissa huolellisella suunnittelulla sekä kunnossapidon toimintoihin liittyvillä ohjeilla ja koulutuksella.

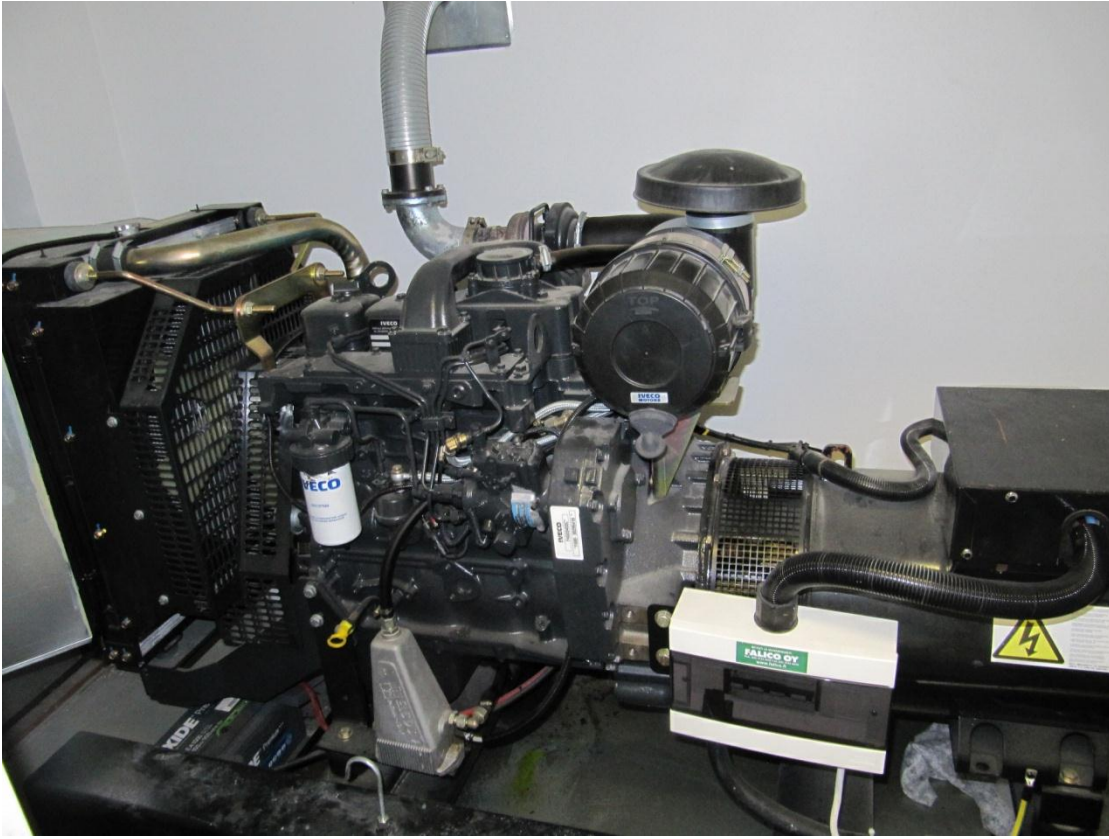
(Kuntoon perustuva kunnossapito, 2009, Henry Mikkonen)

Tiedostamattomia riskejä ei voida ennakoida, mutta riskien seurauksia voidaan laskea kaavalla (Kaava 1).

$$R = pC^a \quad (1)$$

Kaavassa R tarkoittaa riskiä ja p on riskin toteutumisen todennäköisyys, C on riskin vaikutus ja a on parametri mikä kuvaa menetyksen painoarvoa.

(Kuntoon perustuva kunnossapito, 2009, Henry Mikkonen, 125)



KUVA 5. Varavoimakone (valokuva Pasi Harvima)

6 YMPÄRISTÖ

Ympäristön huomioonottaminen pohjavesialueella on todella tärkeää. Pohjavesialueella ympäristön kuormitusta rajoitetaan johtamalla jätevedet kunnalliseen viemäriverkkoon tai saostusjärjestelmän kautta fosfori imeytyskenttään, jolloin kotitalouksista ei pääse likavesi imeytymään pohjaveteen. Jätevesien pääsy pohjaveteen aiheuttaa bakteerien lisääntymistä pohjavedessä, minkä vuoksi pohjavesi muuttuu kuluttajille käyttökelvottomaksi.

Pohjavedessä esiintyy usein rautaa ja mangaania jotka voidaan poistaa hapettamalla vettä ennen kulutusta. Vesi suodatetaan hiekan avulla mikä poistaa vedestä isompia partikkeleita kuten humusta. Vesi johdetaan suodatusten jälkeen säiliöön ja säiliöstä putkistojen kautta kuluttajille. Vettä kloorataan ennen kuin se johdetaan kuluttajille bakteerien vähentämiseksi, jolloin sairastumisen riski on minimaalinen. Veden tuotannossa käytetään kemiallisia aineita kuten kalkkia ja natriumhypokloriittia. Käytössä olevien kemiallisien aineiden varastointi on hoidettava niin, ettei niistä koidu ympäristölle vaaraa mahdollisissa vahinkotilanteissa.

7 NILSIÄSSÄ SUORITETTAVAT HUOLTOTOIMET JA OHJELMAT

Suoritettavissa huoltotoimenpiteissä tulisi ottaa huomioon seuraavia seikkoja, koneiden ja laitteiden yleiskunto, tuotantotilojen yleiskunto, koneiden laakereiden huolto (rasvaus, kuuntelu, tiiveys), huoltojen dokumentointi käyttäen esimerkiksi päiväkirjaa jonka avulla työntekijät ovat ajan tasalla suoritetuista huoltotoimenpiteistä. Huolto-ohjelmaan sisällytetään ennakoivaan huoltoon liittyviä toimenpiteitä sekä parantavaa huoltoa. Näillä huoltotoimenpiteillä laitteiden toimintavarmuus saadaan maksimoitua.

Kohteille laaditaan viikkohuolto-ohjelmat, joiden avulla käyttövarmuus saadaan mahdollisimman korkeaksi sekä mahdolliset kulumisesta johtuvat laiteviat ennakoitua ja estettyä. Kohteissa tulisi käydä tarkastuskierroksilla viikoittain seuraamassa ympäristön siisteyttä, tuotantotilojen siisteyttä, laitteiden melutasoa, laitteiden värinää, laakereiden voitelua, laakereiden kuuntelua sekä mahdollisia vuotoja kohteissa.

Kohteissa suoritettaviin huoltotoimenpiteisiin kuuluu laakereiden rasvaus, öljyjen tarkastus/vaihto tarvittaessa, suodattimien tarkastus ja vaihto tarvittaessa, puhdistus järjestelmien tarkastus/puhdistus, uv-valolaitteen toiminnan tarkastus ja lamppujen puhdistus sekä lisäksi kerätään näytteet puhtaasta vedestä määriteltynä aikoina.

8 HUOLTO-OHJELMIEN SOVELTAMINEN KÄYTÄNNÖSSÄ

Huolto-ohjelmien soveltaminen toimii käytännössä niin, että työntekijät suorittavat koneille ja laitteille laaditut huoltotoimenpiteet suunnitelmien mukaan. Koneille ja laitteille luodaan viikko-ohjelma laitteiden huolloista, joiden avulla koneiden huoltotoimenpiteet ovat ajan tasalla ja säännölliset. Huollot kirjataan ylös tietokoneelle jokaisen huollon jälkeen luotettavuuden takaamiseksi. Huolto-ohjelman avulla voidaan mahdolliset laiterikot ennakoitua, jopa välttää.

Huoltoa suoritetaan käymällä viikoittain kohteessa, milloin todetaan kohteen yleiskunto ja laitteiden toimintakunto. Kohteessa tuotanto ympäristön on oltava siisti, eikä siellä saa olla sinne kuulumattomia tarvikkeita tai laitteita. Siistillä tuotantoympäristöllä saadaan luotua hygieenisempi tuotantoympäristö ja riskit puhtaanveden saastumiseen pienenee. Laitteiden kuntoa seurataan kuuntelemalla laitetta toiminnassa laakereiden kohdalta esimerkiksi puukepin tai ruuvimeisselin avulla, jolloin mahdolliset ylimääräiset äänet paljastuvat. Värähtelyä mitataan fyysisesti laittamalla käsi koneen päälle, jolloin värinä on havaittavissa. Melutaso pumppaamoissa tuotannon toiminnan aikana on kova ja mahdollisia pieniä melutason kasvuja on vaikea huomata muuten kuin mittareiden avulla. Valvontaan voidaan liittää mittarit osaksi valvontajärjestelmää.

Etävalvontamenetelmillä tehty seuranta helpottaa havaitsemaan laiteviat riittävän aikaisin. Näin tuotantokatkokset jäävät lyhyiksi tai katkoa ei synny ollenkaan. Etävalvonnalla saadaan paljon sellaisia laitetietoja, joita ei muuten voida havaita kohteessa. Etävalvontajärjestelmän hankinta tuottaa tulosta verrattuna fyysiseen seurantaan. Etävalvonta ei korvaa fyysistä tarkastelua, vaan fyysinen valvonta on erinomainen tuki, joka antaa täsmällistä tietoa kohteista huoltotoimenpiteitä suunniteltaessa.

9 KÄYTTÖIÄN MÄÄRITYS

Laakereille määritellään laskennallinen käyttöikä, jonka avulla voidaan ennakoida huolto- ja korjausvälejä laakereille. Laskentaa suoritetaan erityisillä laskentakaavoilla sekä käyttöiän määrittystä voidaan laskea esimerkiksi KissSoft laskentaohjelman avulla.

Käyttöikää laskettaessa laskentaan liittyy seuraavia kaavoja.

$$k = \frac{v}{v_1} \quad (2)$$

missä k on voiteluaineen viskositeettisuhde, v on oleva voiteluaineen viskositeetti alkulämpötilassa, v_1 on voiteluaineen viskositeetti käyttölämpötilassa.

$$d_m = \frac{d+D}{2} \quad (3)$$

missä d_m on käytössä olevan laakerin (d) sisä- ja (D) ulkohalkaisijan summa jaettuna kahdella, d on laakerin sisähalkaisija, D on laakerin ulkohalkaisija.

$$\frac{Fr}{Fa} \quad (4)$$

missä Fr on laakeriin kohdistuva säteittäinen kuormitus, Fa on laakeriin kohdistuva aksiaalinen kuorma. Laskelman tulosta verrataan e arvoon, jonka mukaan määräytyy kaavan 6 laskenta. Jos kaavan neljä tulos on pienempi kuin e-arvo, silloin $P = Fr$, jos kaavan 4 tulos on suurempi kuin e-arvo silloin P-arvo lasketaan kaavalla 9.

$$e = Fo * \frac{Fa}{Co} \quad (5)$$

e-arvo lasketaan kaavalla 5, missä on laskukerroin (Fo) kerrottuna aksiaalikuorman (Fa) ja staattisen kuormitusarvon (Co) suhteella. Laskun tuloksella taulukosta löydetään laskentaan liittyvät x ja y arvot, joiden avulla voidaan laskea ekvivalenttikuorma.

Kappaleeseen vaikuttavien voimien laskeminen on haasteellista, koska kaikkia voimia ei aina tunneta. Tässä tilanteessa voimat on laskettava kaavojen avulla. Kappaleeseen vaikuttavien voimien Fr ja Fa laskenta onnistuu seuraavilla kaavoilla. Ensin on selvitettävä pinta-alan suuruus, johon voima kohdistuu. Pinta-ala saadaan laskettua kaavoilla 6 ja 7.

$$A = \pi r^2 \quad (6)$$

jossa A on kappaleen pinta-ala ja r on kappaleen säde, joka korotetaan toiseen potenssiin

$$Fa = (\varphi_1 - \varphi_2) / 2 * \pi \quad (7)$$

jossa Fa on kappaleeseen akselin suuntaisesti vaikuttava voima. Ulkohalkaisijasta φ_1 vähennetään akselin φ_2 halkaisija. Tulos jaetaan 2:lla ja kerrotaan piin arvolla, jolloin saadaan selville kappaleen pinta-ala, johon aksiaalinen voima vaikuttaa.

Kappaleeseen vaikuttavan säteittäisen voiman Fr laskenta onnistuu seuraavalla kaavalla.

$$Fr = (9550 * \frac{P}{n}) / R \quad (8)$$

jossa 9550 on kerroin, \underline{P} on kappaleeseen vaikuttava ekvivalenttikuorma, n on pyörimisnopeus r/min, R on kappaleen jakohalkaisija, joka saadaan määriteltä niin, että se on 2/3 ulkohalkaisijasta.

Laakeriin kohdistuvaa kokonaisvoimaa lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$P = x * Fr + y * Fa \quad (9)$$

jossa P on laakeriin kohdistuva kokonaisvoima, Fr on kappaleeseen halkaisijan suuntaisesti vaikuttava voima, Fa on kappaleeseen akselin suuntaisesti vaikuttava voima.

Käyttöolosuhteeseen liittyvää puhtausarvoa merkitään kirjaimilla η_c , jonka arvo katsotaan taulukosta, jossa on määritelty eri puhtausolosuhteille omat arvot. Puhtauskerroin voidaan laskea myös seuraavalla kaavalla.

$$\eta_c * \frac{Pu}{P} \quad (10)$$

Pu ja \underline{P} suhteella. Pu-arvo saadaan laakeritaulukosta ja \underline{P} -arvo on kaavalla 9 laskettu ekvivalenttikuorma.

Kaavan 9 ja viskositeettisuhteen k kaavaa 2 arvojen avulla saadaan määriteltyä laakeritaulukosta a_{skf} arvo, jonka avulla saadaan laskettua laakereiden muunneltu kes-toikä.

Kestoikää tunteina määritellään seuraavalla kaavalla

$$L_{10h} = \frac{1 \cdot 10^6}{60 \cdot n} * \left(\frac{C}{P}\right)^{3,33} \quad (11)$$

jossa L_{10h} tarkoittaa 90 %:n luotettavuutta. Luotettavuus määritellään olosuhteiden ja kokemuksien avulla. Kaavassa $1 \cdot 10^6$ on vakiokerroin ja n kuinka monta kierrosta minuutissa laakeri pyörii, joka kerrotaan arvolla 60. C arvo saadaan taulukosta peruskuorma arviosta ja P on ekvivalenttikuorma arvo. $\left(\frac{C}{P}\right)^{3,33}$ kaavassa potenssikoroitusarvo määräytyy taulukon mukaan, jossa P-arvo on 3 kuulalaakereille ja 10/3 rullalaakereille.

Muunneltua kestoikää lasketaan seuraavalla kaavalla

$$L_{nm} = a_{skf} * L_{10h} \quad (12)$$

missä a_{skf} tarkoittaa kerrointa joka saadaan taulukosta kaavan 9 ja 2 avulla.

L_{10h} tarkoittaa karkeaa kestoikää.

10 ARTTURI-TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄ

Kuopion Vedellä on käytössä toiminnanohjausjärjestelmä Artturi, johon voidaan syöttää olemassa olevien koneiden ja laitteiden perustiedot. Ajan tasalla olevien perustietojen avulla voidaan hankkia koneisiin ja laitteisiin tarvittavat varaosat. Tarkkojen tietojen avulla saadaan tilattua oikeat tarvikkeet ja mahdollisilta virheellisiltä tilauksilta pystyttäisiin välttymään. Ohjelman avulla voidaan myös tuottaa ennakkohuolto-ohjelmia esim. viikoittain tehtävät tietyt toimenpiteet koneille ja laitteille.

Toiminnanohjausjärjestelmällä voidaan laitetietojen tallennuksen avulla luoda laitteille varaosa- ja tarvikenimikkeet. Nimikkeiden avulla voidaan tilata laitteisiin tarvittavia varaosia huoltoihin ja korjauksiin. Tietojen tallennuksien avulla tilauksiin liittyvät virheet vähenevät sekä kohteista löytyy ajanmukaiset tiedot.

11 DOKUMENTOINTI

Huollot dokumentoidaan erilliselle seurantalomakkeelle, mistä kaikki työtehtävät voidaan lukea. Työtä suorittavat työntekijät ovat näin ajan tasalla tehdyistä ja tulevista huoltotoimenpiteistä. Tehdyistä toimenpiteistä pidetään myös käyttöpäiväkirjaa kohteissa. Päiväkirjasta nähdään myös vuorottelevat koneiden käytöt mikäli kaikki koneet ja laitteet eivät ole yhtä aikaa käytössä. Tiedot koneista ja laitteista tallennetaan Artturi toiminnanohjausjärjestelmään. Tietojen avulla huoltoja ja toimenpiteitä voidaan hallita ja turhantyon tekeminen saadaan minimaaliseksi. Ohjelmasta löytyy ajantasaiset tiedot koneista ja laitteista, jolloin huoltoihin liittyvät tarvikehankinnat helpottuvat ja mahdollisilta virheostoilta välttyttäisiin.

12 HUOLTO

Puhtaanvedentuotantoa seurataan laitekohtaisesti suunnitelluilla huolto-ohjelmilla. Huolto-ohjelman viikkoseurannassa kohteissa tarkistetaan yleinen siisteys tuotanto-ympäristössä, laitteiden toiminta, värinä, laakereiden voitelu, vuodot, varalla olo lait-teiden toimintakyky sekä otetaan vedestä näytteet laadun varmistamiseksi

Raakavedessä on epäpuhtauksia minkä takia paineenkorotuspumppuja on puhdistet-tava säännöllisin väliajoin, ettei pumppuihin ei pääse kertymään sakkaa, mikä heiken-täisi pumpun toimintaa. Paineenkorotuspumppujen toiminta tarkastetaan viikko-ohjelmassa ja pumpun puhdistus tulisi suorittaa kerran vuodessa.

Kaivovedestä otetaan vesinäytteitä erikseen määriteltynä ajanjaksoina suunnitelluin väliajoin raakaveden laadun säännöllistä seurantaa varten. Säännöllisillä mittauksilla havaitaan raakavedessä pienemmätkin muutokset, joihin voidaan tarvittaessa puut-tua.

Koneisiin ja laitteisiin varaosia hankittaessa on kiinnitettävä huomiota materiaalin laatuun. Esimerkiksi laakereiden kestoikää voidaan jatkaa huomattavasti kun laakeri on oikein valittu ja laakerimateriaali on oikein lämpökäsitelty. Laakereiden valinnassa on hyvä luottaa tunnettuihin valmistajiin.

Laakereiden voiteluun käytettävän voiteluaineen valintaan on myös kiinnitettävä eri-tyistä huomiota. Voiteluainetta valittaessa on kokeiltava eri vaihtoehtoja jolloin näh-dään mikä parhaiten sopii kyseisiin olosuhteisiin. Rasvauksen toimivuus tarkistetaan viikoittain ja lisätään rasvaa tarvittaessa.

13 TULOKSIA

Käyttöikää laskettaessa oleellista on että koneen toiminta pysyisi mahdollisimman vakiona. Käyttöolosuhteiden muutos lisää koneiden rasitusta, joka heikentää koneen käyttöikää. Käyttöolosuhteet muuttuvat koneissa esimerkiksi raakaveden mukana tulevan sakan takia, minkä vuoksi koneet olisi puhdistettava määrääjoin olosuhteiden vakioimiseksi.

Toimintavarmuus ja käyttöikä lisääntyvät ennakoivalla ja säännöllisellä huollolla. Hyötysuhde Grundfos cr 60–80 paineenkorotus on 89 %

Laskennalliseksi käyttöiäksi paineenkorotuspumpussa käytössä oleville laakereille laskettiin vakio-olosuhteissa 229 771 tuntia. Paineenkorotuspumppu on suunniteltu siten että paineenkorotus tapahtuu asteittain yksi bar / nousuporras. Tässä pumpussa on kymmenen porrasta jolloin paine korottuu kymmeneen bariin lopussa. Portaittain nousu jakaa voimia jokaiseen painetta nostavaan portaaseen minkä vuoksi rasitukset ovat verrattain pieniä (2,8 KN) vaikka kokonaisvoima onkin suuri (28,2 KN).

Käyttöiän määrittäminen Grundfos cr 60–80 pumpulle lasketaan seuraavasti:

Ensin määritellään pumppuun ja laakeriin kohdistuvat voimat.

$$T_{in} = \frac{P}{n} * 9550 \text{ Nm}$$

$$\rightarrow T_{in} = \frac{22}{2900} * 9550 \text{ Nm}$$

$$\rightarrow 72,5 \text{ Nm}$$

$$\eta * T_{in} = (d_{juoksupyörä} / 2 * F_u)^{1/3}$$

$$3 * \eta * T_{in} = d_{juoksupyörä} / 2 * F_u$$

$$\rightarrow F_u = \frac{2 * 3 * \eta}{d_{juoksupyörä}} * T_{in}$$

$$\rightarrow F_u = \frac{6 * 0,895}{110 \text{ mm}} * 72,5 * 10^3 \text{ N}$$

$$\rightarrow 3540 \text{ N, jos puolet juoksupyörästä on tukossa niin voima on puolet}$$

n. 2000 N

Fr eli säteittäisvoima:

- $F_{(v,u)} = \frac{72,5 \text{ Nm} \cdot 1000 \text{ mm}}{110 \text{ mm}} = 660 \text{ N}$ / paineenkorotusporras "juoksupyörä"
- Pumpussa painetta nostetaan kymmenellä portaalla, voima kerrotaan 10, mistä saadaan kokonaisvoima 6600 N

Juoksupyörän pinta-ala

- $A = \pi r^2$
- $(D_{vesipesä} - D_{akseli}) / 2)^2 \cdot \pi$
- $(\frac{(170 \text{ mm} - 22 \text{ mm})}{2})^2 \cdot \pi$
- $17\,203 \text{ mm}^2$

Fa eli aksiaalinen voima: (10 bar = 1 MPa = 1 N/mm²)

- $F_a = A_{juoksupyörä} \cdot p$
- $17\,203 \text{ mm}^2 \cdot 1 \text{ N/mm}^2$
- 17 203 N

Kerätään tiedot laskelmaan. Käyttölämpötila t , akselin halkaisija/laakerin sisähalkaisija d , laakerin ulkohalkaisija D , laakerin leveys b , kierrokset minuutissa r/min , puhtauskerroin η_c taulukosta, luotettavuuskerroin % taulukosta, hyötysuhde η , moottorinmomentti sisään T_{in} , moottorinmomentti ulos T_{out} , laskukerroinarvo f_o taulukosta, laakeritaulukosta c arvo, potenssikerroin 3,33 rulla-laakereille, rasvan viskositeetti v , rasvan viskositeetti käyttölämpötilassa v_1 , laakerin väsymiskuorma-arvo P_u laakeritaulukosta, kerroin x taulukosta, kerroin y taulukosta, e-arvo taulukosta, a_{skf} - arvo taulukosta.

e-arvon laskeminen:

- $e = f_o \cdot \frac{F_a}{C_o}$
- $12 \cdot \frac{2,2 \text{ KN}}{16,3 \text{ KN}}$
- 1,25

Halkaisijan dm määrittäminen:

- $0,5 \cdot (D - d)$
- $0,5 \cdot (30 \text{ mm} - 22 \text{ mm})$
- 26 mm

Viskositeettisuhteen laskeminen:

- $k = \frac{v}{v_1}$
- $\frac{130 \text{ mm}^2/\text{s}}{21 \text{ mm}^2/\text{s}}$
- 6,2

Kokonaisvoiman laskeminen:

- $P_{kok} = x \cdot F_r + y \cdot F_a$
- $0,56 \cdot 0,66 \text{ KN} + 1,45 \cdot 17,2 \text{ KN}$
- 28,6 KN

Apumuuttuja kertoimen laskeminen:

- $\eta_c \cdot \frac{P_u}{P_{kok}}$
- $0,5 \cdot \frac{1,96 \text{ KN}}{28,6 \text{ KN}}$
- 0,034

Kestoiän määrittäminen:

- $L_{10} \text{ h} = \frac{1 \cdot 10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^P$
- $\frac{1 \cdot 10^6}{60 \cdot 2900 \text{ r/min}} \cdot \left(\frac{11,4 \text{ KN}}{28,6 \text{ KN}}\right)^{3,33}$
- 574 427 h

Kestoiän määrittäminen:

$$\rightarrow L_{nm} = a_{skf} * L_{10} h$$

$$\rightarrow 0,4 * 574\,427 h$$

$$\rightarrow 229\,771 h$$

Kestoiän määrittämisessä on kyse laskennallisesta käyttöiästä. Laskelmilla saadaan suuntaa antavaa tietoa laakerin kestoiästä. Kestoiän maksimoimiseksi käyttöolosuhteet olisi pidettävä mahdollisimman vakioina.

14 YHTEENVETO

Työn aiheena oli laatia Kuopion Veden Nilsin yksikölle kunnossapitosuunnitelma. Suunnitelma laadittiin, koska yksikössä ei ollut käytössä säännöllistä huolto-ohjelmaa. Tavoitteena oli luoda ohjelma, jonka avulla kohteiden huollot hallittaisiin ja säännöllistettäisiin.

Tuotanto-olosuhteet on pyrittävä pitämään mahdollisimman vakioina. Vakio olosuhteissa muuttujien määrä vähenee. Laitteiden kulumista voidaan ennustaa, kun olosuhteet pysyvät mahdollisimman vakioina. Laitteiden toimintaan vaikuttaa suoraan olosuhteet ja huollot.

Huollot on tehtävä säännöllisesti ja huoltotoimilla on luotava tuotantoon vakio-olosuhteet mahdollisimman pitkälle. Huoltoihin käytettävät varaosat on hankittava huolellisesti ja käytettävä luotettavia toimittajia. Varaosien mahdolliset materiaalit, lämpökäsittelyt ym. olisi hyvä selvittää ennakolta, jolloin varmistetaan sopiva laatu kyseiseen kohteeseen. Laatueroja varaosissa on paljon ja halvin ei ole aina paras vaihtoehto. Huolto-ohjelmaa toteutettaessa otetaan huomioon henkilöstöresurssit ja niiden avulla saadaan huolto-ohjelma mahdollisimman tuottavaksi.

Suunnitelmalla saatiin aikaan käytännöllinen huolto-ohjelma olosuhteiden vakioimiseksi. Tietojen keräily onnistui ongelmitta. Tavoitteena oli saada opinnäytetyö tarkastettavaksi maaliskuun loppuun mennessä. Aikaraja hiukan ylittyi laskelmiin liittyvien ongelmien vuoksi.

Ongelmia oli eniten voimien laskelmien kanssa. Voimien määrittelyjen käsin lasketut laskelmat sujuivat ongelmitta. Laskentaohjelma tuotti vaikeuksia, koska ohjelmaan ei voitu syöttää kaikkia laskelmaan liittyviä arvoja. Laskentaohjelmaan on tallennettu joitakin tiettyjä arvoja ja materiaaliin ja tuotteisiin liittyviä arvoja joita ei voi muuttaa. Laskentaohjelmalla lasketut tulokset eroavat jonkun verran käsin lasketuista tuloksista. Laskelmien ja suunnitelmien tekemisestä on kuitenkin hyötyä tulevaisuudessa..

15 POHDINTAA

Suunnitelmassa käsiteltiin kohteiden huoltotoimia. Huoltosuunnitelmaa laadittaessa otettiin huomioon kohteissa käynnit ja huoltotoimenpiteitä. Kohteissa käyntien ohella toteutetaan kunnossapitosuunnitelmaan liittyviä huoltotoimenpiteitä. Käynnit tehdään kerran viikossa ja pyritään vakioimaan olosuhteet niin pitkälle kuin on mahdollista. Tarvittaessa osa huoltotoimista voidaan siirtää, mikäli toimiin ei ole aihetta. Kun kone on ollut vuorottelevalla käytöllä, ei laakereiden rasvaus ole välttämätön. Jatkuvassa käytössä oleville koneille laakereiden rasvaus suoritetaan kerran viikossa. Samalla vuorottelevat koneet koe käytetään toiminnan varmistamiseksi käsikäytöllä ja etäkäytöllä.

Rasvauksessa tulisi seurata rasvan kulumista ja arvioida siitä kunkin kohteen rasvauksen tarve. Rasvaa laitetaan niin, että se pursuaa hiukan ulos rasvapesästä rasvan vaihtuvuuden takaamiseksi. Rasvauksessa voisi ajatella käytettäväksi myös automatisoitua järjestelmää. Automatisointi säästäisi hiukan työtä ja rasvausautomaatin voisi itse kehittää jousikuormitteiseksi. Jousikuormituksen avulla rasvaa lisätään koko ajan kulutuksen mukaan, minkä vuoksi seurantaan jäisi rasvan riittävyys ja toiminta.

Raakavesi kaivoissa käytössä oleville laitteille, kuten pumpuille ja puhdistuslaitteille suoritetaan puhdistus- ja huoltotoimenpiteet säännöllisin väliajoin. Öljyt tarkastetaan vedenpumppaamoissa toimivissa pumpuissa, joka käynnillä sekä öljyt vaihdetaan säännöllisin väliajoin. Vedentuotantoalue pidetään siistinä eikä sinne tulisi varastoida ylimääräisiä tarvikkeita ja laitteita. Pumppujen toimintaa kuunnellaan ja kokeillaan värinän ylimääräisten äänien havaitsemiseksi. Laakereita voidaan kuunnella omilla laitteilla tai esimerkiksi laittamalla ruuvimeisseli tai puukeppi laakerin kohdalle ja kahva-osa korvalle. Värinän voi nähdä ja sen voi havaita kokeilemalla, mutta pienempää värähtelyä ei havaita kuin mittareilla. Mittarit antavat tietoa koneen kunnosta jo paljon ennen kuin fyysisesti havaittaisiin.

Raakavedessä olevien epäpuhtauksien vuoksi pumppuihin kerääntyy sakkaa. Pumput olisi puhdistettava säännöllisesti kuormituksen vähentämiseksi ja olosuhteiden vakioimiseksi. Raakaveteen lisätään kalkkia ja kalkkijärjestelmän puhdistus suoritetaan huoltokäynneillä kalkinsyötön varmistamiseksi ja vakioimiseksi. Kalkki kerääntyy helposti joten vakiopuhdistus vähentää kerääntymistä. Kalkkijärjestelmään lisätään kalkkia syöttösiiloon. Kalkki toimitetaan pumppaamoon piensäkeissä siirtolavalle pakattuna. Huoltokäynneillä tarkastetaan kalkkijauheen lisäyksen tarve siilosta ja lisä-

tään kalkkia tarvittaessa. Säkit nostetaan käsin säilytyspaikasta siiloon. Siirtolavan korkeutta olisi mietittävä parhaan ergonomian saavuttamiseksi. Nostokorkeudensäätö säästää työtä suorittavan selkää ja parantaa mahdollisuuksia oikeaan nostotyylin saavuttamiseksi. Oikea nostotapa vähentää mahdollisia nostosta aiheutuneita selkävaivoja ja sairauspoissaoloja.

Kaivossa on ennen vedensyöttöä ultraviolettilamppu, joka puhdistaa vedestä epäpuhtauksia ultraviolettisäteilyn avulla. Raakavedessä olevat epäpuhtaudet vaikuttavat lampun toimintaan ja lamppu on puhdistettava säännöllisesti. Puhdistuksella saadaan raakaveden laatu vakioitua hyväksytylle vaihteluvälitasolle eikä muuta puhdistusta tarvitse käyttää. Muitakin puhdistusjärjestelmiä on oltava varalla varmuuden vuoksi.

LÄHTEET

Nilsin kunta. Kuntatiedot Nilsin kunnasta luettavissa osoitteesta:

www.kuopio.fi

Valvontajärjestelmät. Tiedot etävalvontajärjestelmä luettavissa osoitteesta:

<http://www.indmeas.com/229>

Kuopion Vesi Vedentuotanto. Tiedot Nilsin vedentuotannosta luettavissa osoitteesta:

www.kuopionvesi.fi

Mikkonen, H. Kuntoon perustuva kunnossapito, 2009, 1 painos, Helsinki, KP-Media.

LIITTEET

Käyttöikä laskelmat KissSoft ohjelmalla

_____ KISSsoft - Release 03-2012
 KISSsoft-Demo-Version KISSsoft AG CH-8634 Hombrechtikon

_____ File
 Name : KissSoftlasku-oil
 Changed by : Pasi on: 16.04.2013 at: 18:02:29

**This KISSsoft demoversion may not be used
 for professional application !**

Important hint: At least one warning has occurred during the calculation:

1-> Bearing1:
 The fatigue load limit is not specified in the database.
 An approximation equation according to ISO 281 (2007) B3.3 will be used.

2-> Bearing2:
 The fatigue load limit is not specified in the database.
 An approximation equation according to ISO 281 (2007) B3.3 will be used.

ROLLER BEARING ANALYSIS

Calculation method: ISO 281:2007 und Herstellerangaben

**- With enhanced bearing service life according to
 ISO 281:2007**

- With load spectrum

General data:
 Speed (1/min) 2900.000
 Axial force (N) 0.000
 Required service life (h) 20000.000

 Operating temperature (°C) 70
 Type of oil Oil: ISO-VG 220
 Lubricant base Mineral-oil base
 Kinematic viscosity oil at 40 °C (mm²/s) 220.00
 Specific density oil at 15 °C (kg/dm³) 0.895
 Oil lubrication with filtering,
 ISO 4406:1999 -/19/16, beta40=75
 Lubricant with additive

Roller bearing No. 1:

Bearing type Koyo RNA4903
 Type Needle roller bearing (with / without internal ring)
 Only radial load
 Load spectrum: Frequency Speed Radial force Axial force
 A 10.00 % 2900.00 rpm 660.0 N 0.0 N
 B 40.00 % 2900.00 rpm 290.4 N 0.0 N
 C 50.00 % 2900.00 rpm 105.6 N 0.0 N

 Inner diameter (mm) [d] 22.000

External diameter (mm)	[D]	30.000
Width (mm)	[B]	13.000
Dynamic load number (kN)	[C]	9.600
Static load number (kN)	[C0]	14.000
Speed limit (oil) (1/min)	[n.max]	21000
Dynamic equivalent load (N) (for element A)	[P]	660.000
Static equivalent load (N)	[P0]	660.000
Operating viscosity (mm ² /s)	[nu]	48.884
Reference viscosity (mm ² /s)	[nu1]	16.388
Fatigue load limit (kN)	[Cu]	1.707
Impurity characteristic quantity	[ec]	0.058
Service life coefficient	[aISO]	0.851
Torque of friction (Nmm)	[M]	29.292
The factors used to calculate the torque loss have been assumed for this bearing.		

Service life (h)	[Lh]	334830.742
Static safety factor	[S0]	21.212

Roller bearing No. 2:

Bearing type Koyo RNA4903				
Type Needle roller bearing (with / without internal ring)				
Radial and axial load				
Load spectrum: Frequency Speed Radial force Axial force				
A	10.00 %	2900.00 rpm	660.0 N	0.0 N
B	40.00 %	2900.00 rpm	290.4 N	0.0 N
C	50.00 %	2900.00 rpm	105.6 N	0.0 N

Inner diameter (mm)	[d]	22.000
External diameter (mm)	[D]	30.000
Width (mm)	[B]	13.000
Dynamic load number (kN)	[C]	9.600
Static load number (kN)	[C0]	14.000
Speed limit (oil) (1/min)	[n.max]	21000
Dynamic equivalent load (N) (for element A)	[P]	660.000
Static equivalent load (N)	[P0]	660.000
Operating viscosity (mm ² /s)	[nu]	48.884
Reference viscosity (mm ² /s)	[nu1]	16.388
Fatigue load limit (kN)	[Cu]	1.707
Impurity characteristic quantity	[ec]	0.058
Service life coefficient	[aISO]	0.851
Torque of friction (Nmm)	[M]	29.292
The factors used to calculate the torque loss have been assumed for this bearing.		

Service life (h)	[Lh]	334830.742
Static safety factor	[S0]	21.212

Notice:

The modified rating life according ISO 281 contains only approximate formulae for the calculation of the fatigue load boundary and the resulting values for a23 are sometimes very high.. Torque of friction M is calculated according to the indications in the SKF catalog 2004..

End report lines: 100